

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004年3月25日 (25.03.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/025744 A1(51) 国際特許分類⁷: H01L 43/08, 43/12, G11B 5/39, G01R 33/09, H01F 10/30, 10/32, H01L 27/105

(21) 国際出願番号: PCT/JP2002/009426

(22) 国際出願日: 2002年9月13日 (13.09.2002)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県 川崎市 中原区上小田中 4丁目1番1号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 佐藤 雅重 (SATO, Masashige) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県 川崎

市 中原区上小田中 4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 菊地 英幸 (KIKUCHI, Hideyuki) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県 川崎市 中原区上小田中 4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 小林 和雄 (KOBAYASHI, Kazuo) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県 川崎市 中原区上小田中 4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 伊東 忠彦 (ITO, Tadahiko); 〒150-6032 東京都 渋谷区 恵比寿 4丁目20番3号 恵比寿ガーデンプレイスタワー 32階 Tokyo (JP).

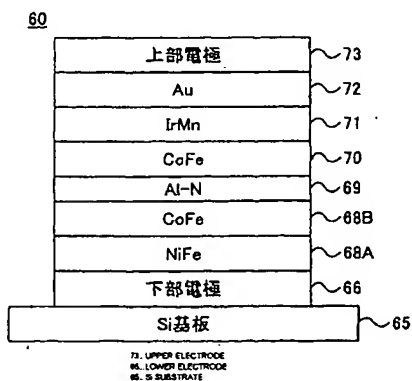
(81) 指定国 (国内): JP, US.

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: MAGNETISM-SENSITIVE ELEMENT AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME, MAGNETIC HEAD, ENCODER AND MAGNETIC STORAGE UNIT USING IT

(54) 発明の名称: 感磁素子及びその製造方法、並びにその感磁素子を用いた磁気ヘッド、エンコーダ装置、及び磁気記憶装置



(57) Abstract: A magnetism-sensitive element in which an insulation film sandwiched by two ferromagnetic films at a ferromagnetic tunnel junction is formed of an aluminum nitride film and a barrier at the ferromagnetic tunnel junction is set higher than 0.4 eV. The aluminum nitride film is formed by nitriding an aluminum film, in particular, by touching the aluminum film to atomic nitrogen N* and causing nitriding reaction. A high sensitivity magnetism-sensitive element having a ferromagnetic tunnel junction where the variation rate of tunnel reluctance is high and the tunnel resistance is low is thereby obtained.

(57) 要約:

感磁素子において、強磁性トンネル接合部の2つの強磁性膜に挟まれた絶縁膜を窒化アルミニウム膜により形成し、強磁性トンネル接合部の障壁高さを0.4 eV以下にする。窒化アルミニウム膜は、アルミニウム膜を窒化处理、特にアルミニウム膜に原子状窒素N*を接触させて窒化反応を起こさせることにより形成される。その結果、トンネル磁気抵抗変化率が高くかつトンネル抵抗の低い強磁性トンネル接合部を有する高感度な感磁素子を得る。



WO 2004/025744 A1

明細書

感磁素子及びその製造方法、並びにその感磁素子を用いた
磁気ヘッド、エンコーダ装置、及び磁気記憶装置

5

技術分野

本発明は、強磁性トンネル接合部を有する感磁素子、その感磁素子を用いた磁気ヘッド、エンコーダ装置、及び磁気記憶装置に関する。

- 10 磁気記憶装置、特に磁気ディスク装置の磁気ヘッドの再生用ヘッドには感磁素子が備えられている。従来、この感磁素子にはスピバルブ型のGMR薄膜が用いられているが、さらなる磁気抵抗効果率の向上を図るために強磁性トンネル接合部を有するTMR薄膜の研究が進められている。

背景技術

- 15 金属膜／絶縁膜／金属膜という接合を有する積層体の両側の金属膜に電圧を印加すると、絶縁膜が数nm以下の厚さでは絶縁膜にも拘わらず電流が流れる現象が認められる。これは、量子力学的効果により絶縁膜のエネルギー障壁を電子が透過する確率が0でないことによる。この電流及び接合は、それぞれトンネル電流、トンネル接合と呼ばれている。
- 20 絶縁膜には金属の酸化膜が通常使用される。例えば、アルミニウムの表面層を自然酸化法やプラズマ酸化法、熱酸化法などにより酸化させる。これらの方法およびその条件により、表面の数nm以下の厚さの酸化アルミニウム膜を形成することができ、この接合の絶縁膜として使用することができる。トンネル接合は、I-V特性はオーミックではなく非線形性を示すので、非線型素子として使用さ
- 25 れてきた。

トンネル接合の金属膜を強磁性膜に置換すると、強磁性トンネル接合を形成することができる。強磁性トンネル接合は、そのトンネル抵抗が両側の強磁性膜の磁化状態に依存することが知られている。すなわち外部から印加する磁場によってトンネル抵抗を制御することができる。トンネル抵抗Rは、それぞれの強磁性

膜の磁化の相対角度 θ を用いて、 $R = R_s + 0.5 \Delta R (1 - \cos \theta)$ と表される。すなわち、磁化の向きが平行なとき ($\theta = 0$) はトンネル抵抗 R が最小となり ($R = R_s$)、磁化の向きが反平行なとき ($\theta = 180$) は最大となる ($R = R_s + \Delta R$)。

- 5 これは、強磁性膜内部の電子が分極していることに起因している。例えば非磁性金属内部の電子は、上向きスピンと下向きスピンを有する電子は同数存在するため全体として非磁性となる。一方磁性金属内部では、上向きスピンを有する電子数 N_{up} と下向きスピンを有する電子数 N_{down} は異なるため、全体として上向きあるいは下向きの磁化を有する。電子が絶縁膜をトンネルする際はスピンの向き
10 が保存されることが知られている。したがって、絶縁膜を透過した先、すなわちトンネル先の電子状態に空きがなければトンネルすることができない。

- トンネル磁気抵抗変化率 (以下TMR率と呼ぶ。) $\Delta R/R$ は、電子源 (一方の強磁性膜) の偏極率 P_1 とトンネル先 (他方の強磁性膜) の偏極率 P_2 により、 $\Delta R/R = 2 P_1 \times P_2 / (1 - P_1 \times P_2)$ で表され、 $P_1, P_2 = 2 (N_{up} - N_{down})$
15 $/ (N_{up} + N_{down})$ で表される。 P_1, P_2 は強磁性膜の種類及び組成に依存し、例えば、NiFe、Co、CoFeの分極率はそれぞれ0.3、0.34、0.46であり、この場合TMR率は、理論的には約20%、26%、54%となり、従来の異方性磁気抵抗効果 (AMR) や、巨大磁気抵抗効果 (GMR) より高いTMR率が期待できる。

- 20 一方、強磁性トンネル接合に電流を流し、その電位差を検出する観点から、トンネル抵抗 R の大きさは小さい方が野望ましい。トンネル抵抗 R は、絶縁膜の絶縁障壁高さ ϕ と絶縁障壁幅 d に依存することが知られている。すなわち、トンネル抵抗 R は、 $R = \exp (d \times \phi^{1/2})$ と表され、絶縁障壁高さ ϕ の低い、絶縁障壁 d の狭い絶縁膜が望まれている。

- 25 従来、絶縁膜には主に酸化アルミニウム膜が用いることが提案されている。しかしながら、磁気センサ、特に超高密度記録、例えば100 Gbit/in²以上の磁気ヘッドに使用するにはトンネル抵抗 R が高抵抗であるので実用化には困難が伴う。また、一方、酸化アルミニウム膜の代わりに窒化アルミニウム膜を使用してトンネル抵抗 R を低減する検討が行われている。Sun らは、窒素を含むア

ルゴンガス雰囲気中でアルミニウムを反応性スパッタリングにより成膜し、窒化アルミニウム膜を形成しているが、高いTMR率の強磁性トンネル接合は得られていない (J. J. Sun, R. C. Sousa; J. Magn. Soc. Japan 23, 55(1999))。

5 発明の開示

そこで、本発明は上記の課題を解決した新規かつ有用な感磁素子及びその製造方法、並びにその感磁素子を用いた磁気ヘッド、エンコーダ装置、及び磁気記憶装置を提供することを概括課題とする。

本発明により具体的な課題は、トンネル磁気抵抗変化率が高くかつトンネル抵抗の低い強磁性トンネル接合部を有する高感度な感磁素子及びその製造方法を提供することにある。

本発明の他の課題は、

2つの強磁性膜と該強磁性膜に挟まれた絶縁膜とよりなる強磁性トンネル接合部を有し、絶縁膜は窒化アルミニウム膜である感磁素子であって、

15 前記強磁性トンネル接合部の障壁高さが0.4 eV以下である感磁素子を提供することである。

本発明によれば、感磁素子において外部磁場を検知する強磁性トンネル接合部の絶縁膜を窒化アルミニウムより構成し、強磁性トンネル接合部の障壁高さを0.4 eV以下とする。窒化アルミニウムでかつ絶縁膜の障壁高さを低下させることによりトンネル抵抗値を低減することが可能となるとともにトンネル磁気抵抗変化率を増加することが可能となる。その結果、高感度な感磁素子を提供することができる。

本発明のその他の課題は、
第1の反強磁性膜と、第1の強磁性膜と、第1の絶縁膜と、第2の強磁性膜と、
25 第2の絶縁膜と、第3の強磁性膜と、第2の反強磁性膜とがこの順に積層されてなる2つの強磁性トンネル接合部を有し、第1および第2の絶縁膜のうち少なくとも一方は窒化アルミニウム膜である感磁素子であって、

前記窒化アルミニウム膜を有する強磁性トンネル接合部の障壁高さが0.4 eV以下である感磁素子を提供することである。

本発明によれば、感磁素子において強磁性トンネル接合部を二重に設け、第1の強磁性膜および第3の強磁性膜はそれぞれ隣接する第1の反強磁性膜及び第2の反強磁性膜により磁化の方向が固定されている。したがって、二重の磁性トンネル接合部により一層トンネル磁気抵抗変化率を増加することが可能となり、強磁性トンネル接合部が対称に配置されているので、第2の強磁性膜の磁化が外部磁場に応じて回転するスイッチング磁場を安定化することが可能となる。さらに強磁性トンネル接合部の絶縁膜を窒化アルミニウムより構成し、強磁性トンネル接合部の障壁高さを0.4 eV以下とする。窒化アルミニウムでかつ絶縁膜の障壁高さを低下させることによりトンネル抵抗値を低減することが可能となるとともにトンネル磁気抵抗変化率を増加することが可能となる。その結果、スイッチング磁場が安定した、より一層高感度な感磁素子を提供することができる。

本発明のその他の課題は、

第1の強磁性膜と、絶縁膜と、第2の強磁性膜とがこの順に積層されてなる強磁性トンネル接合部を有し、前記絶縁膜は窒化アルミニウム膜である感磁素子の製造方法であって、

前記第1の強磁性膜上にアルミニウム膜を堆積する工程と、

前記アルミニウム膜を、窒素を含むガス中にプラズマを励起することにより前記アルミニウム膜を前記窒化アルミニウム膜に変換する工程とを含む感磁素子の製造方法を提供することである。

本発明によれば、強磁性トンネル接合部を形成する絶縁膜である窒化アルミニウムは、窒素を含むガス中にプラズマを励起し、発生する窒素イオンあるいは原子状窒素 N^* を第1の強磁性膜上に形成されたアルミニウム膜に接触させて、窒化反応を生じさせて形成される。窒素イオンのアルミニウム膜への入射エネルギーは可能な限り低い程良く、特に真空チャンバ内の窒素ガスの流れに乗ってアルミニウム膜表面に到達する原子状窒素 N^* のみを用いることが更に好ましい。このような場合アルミニウム膜の膜質を損なわずに窒化アルミニウム膜を形成することができ、過剰な窒素の侵入を抑制することができるので窒化アルミニウムの緻密性を保持可能である。したがって良質な窒化アルミニウム膜が得られるため、トンネル磁気抵抗変化率が高くトンネル抵抗が低抵抗の強磁性トンネル接合部を有

する高感度な感磁素子を実現することができる。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の実施の形態の感磁素子の主要部を示す図である。

5 図 2 は、ラジカル処理を行うマイクロ波ラジカルガンの概要構成を示す図である。

図 3 は、本発明の実施の形態の第 1 変形例である感磁素子の主要部を示す図である。

10 図 4 は、本発明の実施の形態の第 2 変形例である感磁素子の主要部を示す図である。

図 5 A は、本発明の実施例の感磁素子の I-V 特性を測定するために構成した四端子回路の平面図、図 5 B は本発明の実施例の感磁素子の主要部の断面図である。

図 6 は、TMR 率と RA 値との関係を示す図である。

15 図 7 は、I-V 特性の一例を示す図である。

図 8 A は絶縁障壁幅 d と RA 値との関係を示す図、図 8 B は絶縁障壁高さ ϕ と RA 値との関係を示す図である。

図 9 は、本発明の第 2 の実施の形態の磁気記憶装置の要部を示す断面図である。

図 10 は、図 9 に示す磁気記憶装置の要部を示す平面図である。

20 図 11 は、図 10 に示す磁気ヘッドを拡大して示す斜視図である。

図 12 は、再生用磁気ヘッドの媒体対向面の構成を示す図である。

図 13 は、本発明の第 3 の実施の形態の磁気メモリの概略構成図である。

図 14 は、本発明の第 4 の実施の形態の無接点回転スイッチの概略構成図である。

25

発明を実施するための最良の態様

以下に、本発明の実施の形態を挙げて詳細に説明する。

[第 1 の実施の形態]

まずは、本発明の感磁素子について説明する。

図1は、本実施の形態の感磁素子の主要部を示す図である。図1を参照するに、本実施の形態の感磁素子10は、基板11上に、下部電極12と、第1強磁性膜13と、絶縁膜14と、第2強磁性膜15と、反強磁性膜16と、酸化防止膜18と、上部電極19とがこの順に積層された構造を有している。この構成で特徴的なのはこのうち第1強磁性膜13／絶縁膜14／第2強磁性膜15が強磁性トンネル接合を形成し、第2強磁性膜15の磁化は隣接する反強磁性膜16との界面の一方異方性を利用して固定されている。したがって、外部から印加される磁場に応じて、磁化固定層の第2強磁性膜15に対して、フリー層である第1強磁性膜13の磁化の方向が変化し、2つの磁化の相対角度によりトンネル抵抗値が変化する。

基板11は、アルチック (Al_2O_3 と TiC とのセラミック) などの絶縁体、 Si ウェハなどの半導体を用いることができ、特に基板11の材質は限定されない。基板11上に積層される強磁性トンネル接合を形成する薄膜を均一に形成する観点から平坦度が良好であることが好ましい。下部電極12は、例えば厚さが5 nm～40 nmのTa、Cu、Au、あるいはこれらの積層体より構成されている。

第1強磁性膜13は、例えば厚さが1 nm～30 nmのCo、Fe、Ni及びこれらの元素を含む軟磁性強磁性材料、例えば、 $Ni_{80}Fe_{20}$ 、 $Co_{75}Fe_{25}$ など、または、これらの膜の積層体により構成されている。第1強磁性膜13の磁化は、膜の面内にあり、外部磁場の方向に応じて磁化の向きが変わるようになっている。

絶縁膜14は、厚さが0.5 nm～2.0 nm (好ましくは0.7 nm～1.2 nm) の窒化アルミニウムにより構成されている。この窒化アルミニウム膜は、後述する製造方法により、蒸着法、スパッタ法などにより形成されたアルミニウム膜を窒化処理することにより変換されて形成されたものである。窒化アルミニウム膜の組成は、 $Al_{1-x}N_x$ と表した場合、化合物組成 $X=50$ 原子% に対して良好な絶縁特性を有し、かつ安定で窒素が拡散しない点で $X=40$ 原子%～60 原子%であることが好ましい。窒化処理によりこのような組成の窒化アルミニウム膜を形成することができる。

第2強磁性膜15は、第1強磁性膜13と同様の厚さおよび軟磁性強磁性材料

により構成されている。なお、第2強磁性膜は、第1強磁性膜13と異なる組成であってもよい。

この第2磁性膜15は後述する反強磁性膜16との交換相互作用により磁化の方向が固定される。すなわち、外部磁場が印可されても磁化の方向は変化しない。

- 5 その結果、上述した第1強磁性膜13の磁化のみが外部磁場に依じて向きが変化する
10 ので、第2強磁性膜15の磁化に対する第1強磁性膜13の磁化の相対角度によりトンネル磁気抵抗率が変化する。

- 10 反強磁性膜16は、例えば厚さが5nm～30nmのRe、Ru、Rh、Pd、Ir、Pt、Cr、Fe、Ni、Cu、Ag及びAuよりなる群のうち少なくとも
15 も1種の元素とMnとを含む反強磁性層により構成される。このうちMnの含有量は45原子%～95原子%であることが好ましい。この反強磁性膜16は、所定の磁場中で加熱処理を行うことにより反強磁性が出現する。

- 15 酸化防止膜18は、例えば厚さが5nm～30nmのAu、Ta、Al、Wなどの非磁性金属により構成される。反強磁性膜16の熱処理の際にこれらの積層
20 体が酸化するのを防止するために設けられる。上部電極19は、下部電極12と同様に導電性の良好な非磁性材料により構成される。

- 20 本実施の形態の感磁素子10は絶縁膜14としてアルミニウム膜を窒化処理、特に原子状窒素N^{*}により窒化アルミニウム膜に変換したものをを用いている点に特徴がある。次にこの窒化処理を中心に本実施の形態の感磁素子10の製造方法を説明する。

絶縁膜14以外の感磁素子10を構成する各々の膜を、スパッタ法、メッキ法、真空蒸着法などにより形成する。

- 25 まず、基板11上に、下部電極12と第1強磁性膜13をこの順に形成後に、この積層体の上にスパッタ法、真空蒸着法などにより厚さ0.5nm～1.5nmのアルミニウム膜を形成する。

次いで、自然窒化法、ラジカル窒化法、プラズマ窒化法などによりアルミニウム膜を窒化処理する。自然窒化法は、処理室内に窒素を導入することにより、アルミニウム膜を窒素に曝し、アルミニウム膜の表面において窒化反応を起こさせる。自然窒化法は、窒化反応がアルミニウム膜全体あるいは基板全体に亘って均

一に進む点で好ましいが、窒化反応が他の方法と比較して遅いため窒化処理時間が長くなってしまう。

- 一方、プラズマ窒化処理は、処理室内にプラズマを励起することにより窒素がイオンあるいは原子状態（ラジカル）になり、窒素イオン及び原子状窒素 N^* がアルミニウム膜表面から侵入・反応して窒化アルミニウム膜に変換する。窒素イオンは、加速されてアルミニウム膜に衝突するので、より反応性に富み、窒化処理時間を短縮することができる点で好ましい。ただし、過度の加速エネルギーを窒素イオンに与えるとアルミニウム膜に損傷を与え、アルミニウム表面の表面性や結晶性の劣化を招き、さらにはピンホールなどを形成してしまうおそれもある。
- 10 他方、ラジカル窒化法は、原子状窒素 N^* のみにより、かつ加速されずにアルミニウム膜と反応するので、原子状窒素 N^* がアルミニウム膜に接触する際にアルミニウム膜に損傷を与えることがなく、アルミニウム膜の結晶性を損なうことなく窒化アルミニウムに変換できる点で好ましい。

- 図2は、ラジカル処理を行うマイクロ波ラジカルガンの概要構成を示す図である。図2を参照するに、マイクロ波ラジカルガン20は、被処理基板を支持する試料台21を備えた真空チャンバ22を有し、前記真空チャンバ22内を真空にし、前記真空チャンバ22の壁面の一部に形成した放電管23に窒素ボンベ24よりバルブ25及び流量コントローラ26を介して N_2 ガスを導入することで真空チャンバ内の圧力を0.8Pa程度、流量を30sccm程度に設定する。さらに、感磁素子10を形成する基板28を試料台21に置き、基板28の温度を25℃に設定する。この温度設定は10℃～40℃の範囲であるのが好ましく、この範囲内であれば以下に述べる結果はほとんど同様のものになる。
- 15 20

- 次に外部のマイクロ波電源29に接続された同軸導波管30から整合器31を通して放電管23内に2.4GHzのマイクロ波を導入し、放電管23内に高密度のプラズマを生成する。放電管23と真空チャンバ22の接続部22Aと基板28の間隔は30cm程度に設定する。
- 25

放電管23の投入パワーを100W～200W、処理時間を200秒程度に設定する。放電管23内で発生した原子状窒素 N^* は、真空チャンバの他端で排気口22Bより窒素ガスが排気されるため、窒素ガスの流れに乗って放電管23より

真空チャンバ22内に入り、基板28のアルミニウム膜表面に接触し窒化アルミニウム膜に変換する。なお、処理時間はおおよそ数百秒であるが、投入パワーとの関係で適宜選択される。

5 なお、マイクロ波ラジカルガン20を例として説明したが、ヘリコン波あるいは高周波プラズマ発生装置を用いることができる。その際はイオンフィルタを用いて窒素イオンを除去し、原子状窒素N*のみを用いるようにしてもよい。

次に、窒化アルミニウム膜の上に、第2強磁性膜15と、反強磁性膜16と、酸化防止膜18と、上部電極19とをこの順に形成する。次に反強磁性膜16の反強磁性を出現させるために所定方向に磁場を118.5 kA/m (1500
10 Oe) 程度印可して250℃程度で180分加熱処理する。以上により、図1に示す本実施の形態の感磁素子10が形成される。

本実施の形態によれば、上述したように、強磁性トンネル接合を構成する絶縁膜14がアルミニウム膜を窒化処理にすることにより窒化アルミニウム膜に変換される。特に原子状窒素N*を用いて窒化するので、アルミニウム膜を損傷すること
15 ないので膜質の良好な、かつ絶縁膜14/第2磁性層15の界面が均一な窒化アルミニウム膜を得ることができる。

図3は、本実施の形態の第1変形例である感磁素子の主要部を示す図である。図3中、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

20 図3を参照するに、本変形例の感磁素子40は、強磁性トンネル接合部を二重に形成したものである。すなわち、本変形例の感磁素子40は、基板11上に、下部電極12と、反強磁性膜16Aと、第2強磁性膜15Aと、絶縁膜14Aと、第1強磁性膜13と、絶縁膜14Bと、第2強磁性膜15Bと、反強磁性膜16Bと、酸化防止膜18と、上部電極19とがこの順に積層された構造を有している。
25 この構成で特徴的なのは第2強磁性膜15A/絶縁膜14A/第1強磁性膜13よりなる第1の強磁性トンネル接合部41と、第1強磁性膜13/絶縁膜14B/第2強磁性膜15Bよりなる第2の強磁性トンネル接合部42とが設けられていることである。第2強磁性膜15A、15Bの磁化がそれぞれ隣接する反強磁性膜16A、16Bにより同じ方向に固定されている。したがって、本変形

例によれば、フリー層である第1強磁性膜の磁化が外部磁場に応じて方向が変化するにより、第1強磁性膜の磁化と2つの第2強磁性膜の磁化の相対角度はそれぞれ同様となるので、第1及び第2強磁性トンネル接合部のトンネル抵抗は同様に変わるのでTMR率は2倍になり、より高感度の感磁素子を実現できる。

- 5 図4は、本実施の形態の第2変形例である感磁素子の主要部を示す図である。図4中、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

- 図4を参照するに、本変形例の感磁素子50は、第1変形例の第1強磁性膜13を、薄層の非磁性膜を介して反強磁性結合した2つの強磁性膜13A、13Bに置換した以外は第1変形例と同様に構成されている。すなわち、下側強磁性膜13A／非磁性膜53／上側強磁性膜13Bとし、例えば、これらの下側及び上側強磁性膜13A、13Bの磁性材料組成を同様として、さらに下側強磁性膜13の膜厚を上側強磁性膜13Bより厚く形成する。下側及び上側強磁性膜13A、13Bは厚さ1～30nmの上述した第1強磁性膜と同様の材料を用いることができ、非磁性膜53は、例えば厚さ0.4nm～2nmのRu、Cr、Ru合金、Cr合金により構成される。下側強磁性膜13A／非磁性膜53／上側強磁性膜13Bとしては、例えばCo₇₅Fe₂₅(20nm)／Ru(0.8nm)／Co₇₅Fe₂₅(12nm)とする。このようにすると、外部磁場に応じて、下側強磁性膜13Aの磁化の方向が変化し、この磁化と反強磁性的に結合した上側強磁性膜13Bの磁化は下側強磁性膜13Aの磁化の方向と反対の向きになる。磁化が固定される2つの第2強磁性膜15A、15Bを互いに反対方向に磁化が固定されるようにそれぞれに隣接する反強磁性膜を設定する。本変形例によれば、第1及び第2強磁性トンネル接合部51、52によりTMR率は2倍となるとともに、フリー層を構成する下側強磁性膜13A／非磁性膜53／上側強磁性膜13Bにより、これらの磁化のスイッチング特性を向上することができる。

[実施例]

図5Aは、本実施例の感磁素子のI-V特性を測定するために構成した四端子回路の平面図、図5Bは本実施例の感磁素子の主要部の断面図である。図5Aを

参照するに、図中微小なため点状に示される感磁素子60より2組の下部電極61および上部電極62を引き出して、一方の組の下部及び上部電極に印加電流Iを流すための電流源63を接続し、他方の組に電圧Vを検出するためのデジボル64等を接続し、I-V特性を測定した。図5Bを参照するに、感磁素子60は酸化防止膜までを形成後、フォトリソグラフィ法および反応性イオンエッチングにより、積層体を数 μm^2 以下の接合面積に切削し、シリコン酸化膜（図示せず）により絶縁した。以下具体的に説明する。

Si基板65上に下部電極66としてTa/Au/Taの積層体をそれぞれ25nm、30nm、5nm形成した。次に、第1強磁性膜68A、68BとしてNi₇₅Fe₂₅を4nm、Co₇₄Fe₂₆を3nm形成した。次にアルミニウム膜を0.5nm~1.5nmの厚さに形成し、上述したマイクロ波ラジカルガンにより、投入パワー100W、真空チャンバ内圧力を0.8Pa、窒素ガス流量30sccm、処理時間120秒~250秒に設定して窒化処理を行い窒化アルミニウム膜69に変換した。第2強磁性膜70として厚さ2.5nmのCo₇₄Fe₂₆、反強磁性層71として厚さ15nmのIrMnを形成した。次いで酸化防止膜72として厚さ20nmのAuを形成した。次いでフォトリソグラフィ法及びイオンミリングにより数 μm^2 の接合面積に研削し、絶縁のためにシリコン酸化膜（図示せず）を形成し、次いで上部電極73を形成した。

20 [評価]

実施例の感磁素子のトンネル抵抗Rを測定し、TMR率及びRA値と求めた。トンネル抵抗Rを、磁化が平行の状態で感磁素子の下部電極と上部電極間の電圧が50mVになる電流値を印加し、下部電極と上部電極間の電圧を検知して、外部磁界の大きさを-39.5kA/m（-500Oe）~39.5kA/m（500Oe）に設定し、膜面内に反強磁性膜に固定された磁性層の磁化方向と平行に印可して測定した。また、TMR率は、トンネル抵抗Rの最小値を R_{\min} 、最大値を R_{\max} として、 $\text{TMR率}(\%) = (R_{\max} - R_{\min}) / (R_{\max} + R_{\min}) \times 100$ とし、RA値を R_{\min} と強磁性トンネル接合の接合面積Aとの積とした。

図6は、TMR率とRA値との関係を示す図である。図6を参照するに、RA

値が $2 \sim 5 \Omega \cdot \mu\text{m}^2$ では TMR 率が最大値をもつことがわかる。また、RA 値が $5 \Omega \cdot \mu\text{m}^2$ より大きな範囲では TMR 率が減少するが、RA 値が $7 \Omega \cdot \mu\text{m}^2$ では TMR 率が 4 % 程度あり、上述した反応性スパッタ法により窒化アルミニウム膜を作製したものより良好である。なお、RA 値が $7 \Omega \cdot \mu\text{m}^2$ を超える範囲ではさらに TMR 率が減少するが、これは、絶縁膜となるアルミニウム膜の厚さ方向に亘って完全に窒化していないためであると推察される。

次に実施例の感磁素子の I-V 特性を測定し、以下の式 (1) ~ (4) を用いて絶縁膜の絶縁障壁高さ ϕ および絶縁障壁幅 d を数値計算により求めた。

図 7 は、I-V 特性の一例を示す図である。図 7 に示すように電流 I は、 $V=0$ 付近では線形的に変化するが、 $V=0$ から離れるにつれて V^3 に比例する。したがって、I-V 特性は計算式 (1) のように表すことができる。

$$I(\phi) = \theta(V + \gamma V^3) \quad (1)$$

$$\theta = (\alpha \beta \phi^{1/2} / d) \times \exp(-\alpha d \phi^{1/2}) \quad (2)$$

$$\gamma = (\alpha d)^2 / (96 \phi) - (\alpha d e^2 / 32) \times \phi^{-3/2} \quad (3)$$

$$\alpha = 4 \pi (2m)^{1/2} / h, \beta = e^2 / 4 \pi h \quad (4)$$

ここで、 V は印加電圧、 h 、 m 、 e はそれぞれプランク定数、電子の質量、及び電荷である。

図 8 A は絶縁障壁幅 d と RA 値との関係を示す図、図 8 B は絶縁障壁高さ ϕ と RA 値との関係を示す図である。

図 8 A を参照するに、絶縁障壁幅 d と RA 値との関係は、RA 値が小さいほど絶縁障壁幅 d が減少する傾向を示している。RA 値が $7 \Omega \cdot \mu\text{m}^2$ 以下のときに、絶縁障壁幅 d が 0.76 nm 以下になっていることがわかる。

また、図 8 B に示すように、絶縁障壁高さ ϕ も同様に、RA 値が小さいほど絶縁障壁高さ ϕ が減少する傾向を示している。特に、RA 値が $7 \Omega \cdot \mu\text{m}^2$ 以下のときに、絶縁障壁高さ ϕ が 0.4 eV 以下になっていることがわかる。また、上述した反応性スパッタ法により窒化アルミニウム膜を作製したものは、絶縁障壁高さ ϕ が 0.6 eV 程度であったので、本発明による原子状窒素による窒化処理による窒化アルミニウム膜は、強磁性トンネル接合の絶縁膜として好適である。

図 7、図 8 A および図 8 B より、原子状窒素による窒化処理による窒化アルミ

- ニウム膜は、絶縁障壁幅 d を 0.76 nm 以下、あるいは絶縁障壁高さ ϕ を 0.4 eV 以下とすることにより、強磁性トンネル接合の RA 値を $7 \Omega \cdot \mu\text{m}^2$ 以下に低減することが可能である。さらに、TMR 率を 4% 以上とすることも可能である。なお、絶縁障壁高さ ϕ は低いほどよいが、過度に低い場合トンネル抵抗が低下し、かつ TMR 率も低下するので 0.2 eV 以上であることが好ましい。

したがって、感磁素子の本実施例によれば、強磁性トンネル接合部の絶縁膜としてアルミニウム膜を原子状窒素による窒化処理されて変換された窒化アルミニウム膜を用いることにより、TMR 率を向上しかつ RA 値を低減することができる。つまり、高感度でかつ高速動作可能な感磁素子を実現することができる。

10

[第2の実施の形態]

次に、本発明の磁気記憶装置の一実施の形態を示す図9及び図10と共に説明する。図9は、磁気記憶装置の要部を示す断面図である。図10は、図9に示す磁気記憶装置の要部を示す平面図である。

- 図9及び図10を参照するに、磁気記憶装置120は大略ハウジング123からなる。ハウジング123内には、モータ124、ハブ125、複数の磁気記録媒体126、複数の記録再生ヘッド127、複数のサスペンション128、複数のアーム129及びアクチュエータユニット121が設けられている。磁気記録媒体126は、モータ124より回転されるハブ125に取り付けられている。
- 記録再生ヘッド127は、誘導型記録用磁気ヘッド127Aと強磁性トンネル接合部を有する感磁素子を用いた再生用磁気ヘッド127Bとの複合型ヘッドからなる。各記録再生ヘッド127は対応するアーム129の先端にサスペンション128を介して取り付けられている。アーム129はアクチュエータユニット121により駆動される。この磁気記憶装置の基本構成自体は周知であり、その詳細な説明は本明細書では省略する。

磁気記憶装置120の本実施の形態は、再生用磁気ヘッド127Bに特徴がある。

図11は、図10に示す磁気ヘッドを拡大して示す斜視図である。図11を参照するに、再生用磁気ヘッド127Bはサスペンション128に支持されたスライ

図130の磁気記録媒体126の回転方向（矢印で示す）の一側に設けられている。なお誘導型記録用磁気ヘッド127Aは説明の便宜のため図示されていない。

図12は、再生用磁気ヘッドの磁気記録媒体の対向面の構成を示す図である。図12を参照するに、再生用磁気ヘッド127Bは、2つのシールド膜131と、
5 シールド膜131に挟まれた感磁素子132と、シールド膜と感磁素子とを絶縁する絶縁膜133とにより構成されている。感磁素子132は上述した例えば、図1～図3に示す第1の実施の形態の感磁素子が用いられる。

感磁素子132は、磁気記録媒体126より漏洩する磁場に応じて、感磁素子の強磁性トンネル接合を形成する磁化の相対角度が変化することによりトンネル抵抗値が変化する。下部電極134及び上部電極135により供給・排出される電
10 流とトンネル抵抗値より決まる電圧を検出することにより、磁気記録媒体126の情報を読み取ることができる。

本実施の形態によれば、磁気記憶装置120の記録再生ヘッド127は高感度な感磁素子132を備えているので、再生能力が高く、情報の1ビットに対応する1磁気反転の磁気反転領域から漏洩する磁場が微小となっても、再生可能であり、高密度記録に対応可能である。
15

〔第3の実施の形態〕

次に、本発明の磁気記憶装置の一実施の形態である磁気メモリ（MRAM
20 （Magnetic Random Access Memory））について説明する。図13は本発明の第3の実施の形態の磁気メモリの概略構成図である。

図13を参照するに、本実施の形態の磁気メモリ80は、本発明の第1の実施の形態の感磁素子81がマトリクス状に配置され、行方向に走るワードライン82と列方向に走るビットライン83とに接続され、ワードライン82及びビット
25 ライン83にはそれぞれに電流を流すための電流源、スイッチ、電圧検出回路等（図示せず）が接続されている。

磁気メモリ80の書き込み動作時は、書き込み目標の感磁素子81に接続されたワードライン82およびビットライン83に同時に電流を流し、その電流により生じた磁場により感磁素子81の磁化を反転させる。図1に示すフリー層であ

る第1の実施の形態の第1強磁性膜13の磁化は、第2強磁性膜15の磁化に対して平行あるいは反平行であるかによりビット0またはビット1であるかを記憶することができる。

- また、磁気メモリ80の読み出し動作時は、読み出し目標の感磁素子81に接続されたビットライン83から感磁素子81を通じてワードライン82に電流を流す。感磁素子81の強磁性トンネル接合部の磁化の方向に対応して、低抵抗(2つの磁化が平行の場合)あるいは高抵抗(2つの磁化が反平行の場合)の状態であるので、感磁素子81の両端の電圧によりその状態を読み取る。したがって、感磁素子81のビットが0か1であるかを判別することができる。
- 10 本実施の形態によれば、第1の実施の形態の感磁素子を用いており、感磁素子は高感度であるので、書き込み電流を低減することが可能であり、また強磁性トンネル抵抗が低減されているので、読み出し動作時に流す電流をある程度増加させることが可能となり、ノイズに妨害されることなく安定して読み出すことができる。

15

[第4の実施の形態]

次に、本発明のエンコーダ装置の一実施の形態である無接点回転スイッチについて説明する。

- 図14は、本発明の第4の実施の形態の無接点回転スイッチの概略構成図である。図14を参照するに、本実施の形態の無接点回転スイッチ90は、回転自在のシャフト91と、シャフトに結合された回転円板92と、回転円板92の周端面に形成された複数の磁性体93と、回転円板92の周端面に近接して配置された回転検出素子94と、回転検出素子に配設された感磁素子95などから構成されている。感磁素子95は、上述した例えば、図1～図3に示す第1の実施の形態の感磁素子が用いられる。
- 20
- 25

複数の磁性体93は、等角度間隔に離隔されて磁化の向きを周方向に、かつ隣合う磁性体93の磁化の向きが逆になるように配置されている。したがって、シャフト91が回転駆動されると、回転検出素子94に、磁性体93から漏洩または吸入される磁場が交互に印可される。回転検出素子94には、回転方向に離隔

されて2つの感磁素子が配設されている。感磁素子は磁性体からの磁場に応じてトンネル抵抗値が変化するので、印加電流によりトンネル抵抗値に比例した電圧信号を出力する。2つの感磁素子の電圧信号の大きさと位相によりシャフトの回転方向及び速度（回転数）を検出する。

- 5 本実施の形態によれば、無接点回転スイッチ90の回転検出素子94は高感度な感磁素子95を備えているので、磁性体93を微小化しても高精度に回転方向および速度、その変化を検出できる。さらに、感磁素子95は微小化可能であるので、コンパクトな無接点回転スイッチを提供することができる。
- 10 なお、本発明のエンコーダ装置は無接点回転スイッチに限定されず、例えば、リニアエンコーダなども含まれる。

以上本発明の好ましい実施の形態及び実施例について詳述したが、本発明は係る特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

15

産業上の利用可能性

- 本発明によれば、感磁素子において外部磁場を検知する強磁性トンネル接合部の絶縁膜を窒化アルミニウムより構成し、強磁性トンネル接合部の障壁高さを0.4 eV以下することにより、トンネル抵抗値を低減することが可能となるとともに
- 20 にトンネル磁気抵抗変化率を増加することが可能となり、その結果、高感度な感磁素子を実現することができた。

請求の範囲

1. 2つの強磁性膜と該強磁性膜に挟まれた絶縁膜とよりなる強磁性トンネル接合部を有し、絶縁膜は窒化アルミニウム膜である感磁素子であって、
- 5 前記強磁性トンネル接合部の障壁高さが0.4 eV以下であることを特徴とする感磁素子。
2. 前記強磁性トンネル接合部の障壁高さが0.2 eV以上、かつ0.4 eV以下であることを特徴とする請求項1記載の感磁素子。
- 10 3. 前記強磁性トンネル接合部の障壁幅は0.76 nm以下であることを特徴とする請求項1記載の感磁素子。
4. 前記強磁性トンネル接合部の抵抗値が $7 \Omega \cdot \mu\text{m}^2$ 以下であることを特
- 15 徴とする請求項1記載の感磁素子。
5. 前記2つの強磁性膜のうち一方の強磁性膜の前記絶縁膜とは反対側に、隣接して形成された反強磁性膜を更に備え、反強磁性膜との相互作用により該強磁性膜の磁化が固定されることを特徴とする請求項1記載の感磁素子。
- 20 6. 前記窒化アルミニウム膜はアルミニウム膜を原子状窒素N*に曝して窒化処理されてなることを特徴とする請求項1記載の感磁素子。
7. 前記窒化アルミニウム膜は40原子%～60原子%の範囲の窒素を含む
- 25 ことを特徴とする請求項1記載の感磁素子。
8. 第1の反強磁性膜と、第1の強磁性膜と、第1の絶縁膜と、第2の強磁性膜と、第2の絶縁膜と、第3の強磁性膜と、第2の反強磁性膜とがこの順に積層されてなる2つの強磁性トンネル接合部を有し、第1および第2の絶縁膜のう

ち少なくとも一方は窒化アルミニウム膜である感磁素子であって、

前記窒化アルミニウム膜を有する強磁性トンネル接合部の障壁高さが0.4 eV以下であることを特徴とする感磁素子。

- 5 9. 前記第2の強磁性膜は、非磁性膜を挟んだ2つの強磁性膜が反強磁性結合されてなる積層体であることを特徴とする請求項8記載の感磁素子。

- 10 10. 第1の強磁性膜と、絶縁膜と、第2の強磁性膜とがこの順に積層されてなる強磁性トンネル接合部を有し、前記絶縁膜は窒化アルミニウム膜である感磁素子の製造方法であって、

前記第1の強磁性膜上にアルミニウム膜を堆積する工程と、

前記アルミニウム膜を、窒素を含むガス中にプラズマを励起することにより前記アルミニウム膜を前記窒化アルミニウム膜に変換する工程とを含むことを特徴とする感磁素子の製造方法。

15

11. 第1の強磁性膜と、絶縁膜と、第2の強磁性膜とがこの順に積層されてなる強磁性トンネル接合部を有し、前記絶縁膜は窒化アルミニウム膜である感磁素子の製造方法であって、

前記第1の強磁性膜上にアルミニウム膜を堆積する工程と、

- 20 前記アルミニウム膜を、窒素を含むガス中にプラズマを励起することにより形成される原子状窒素N*に曝すことにより、前記アルミニウム膜を前記窒化アルミニウム膜に変換する工程とを含むことを特徴とする感磁素子の製造方法。

- 25 12. 前記プラズマはマイクロ波により励起されることを特徴とする請求項11記載の感磁素子の製造方法。

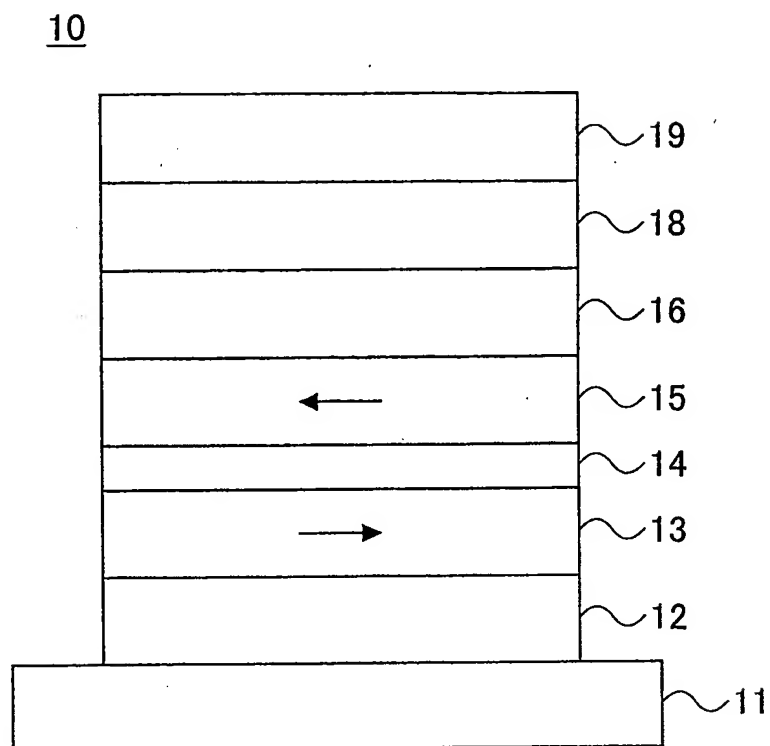
13. 請求項1記載の感磁素子を備えた磁気ヘッド。

14. 請求項12記載の磁気ヘッドを備えた磁気記憶装置。

15. 請求項1記載の感磁素子を備えたエンコーダ。

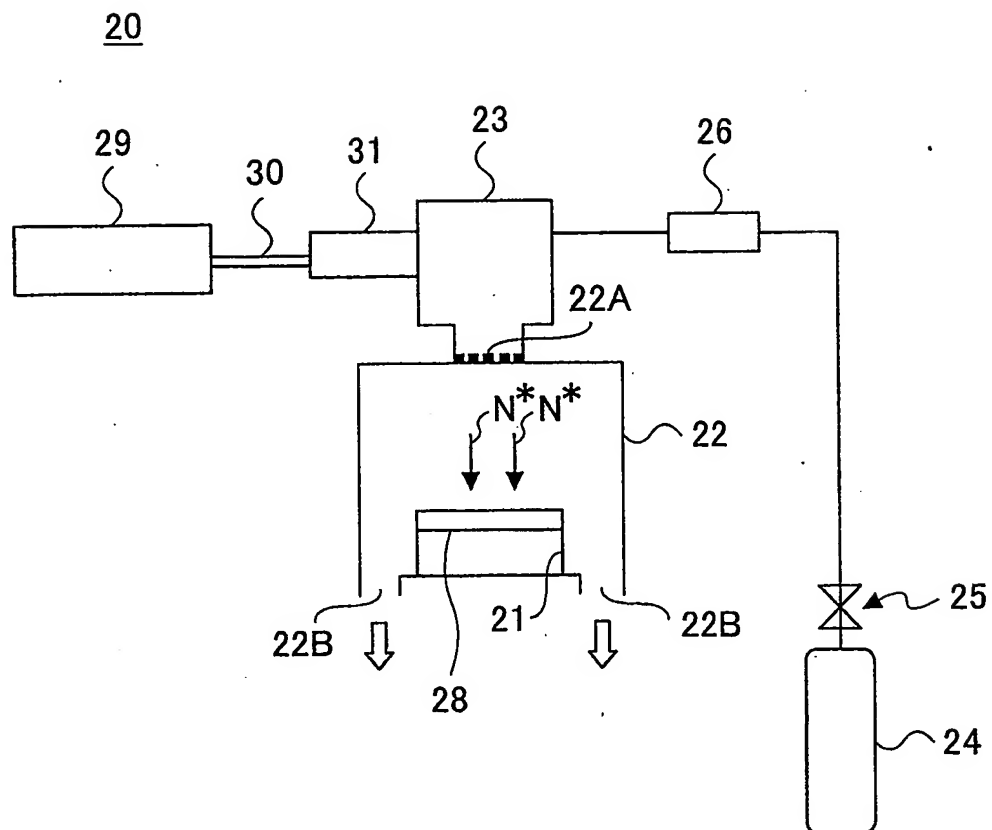
1/14

FIG.1



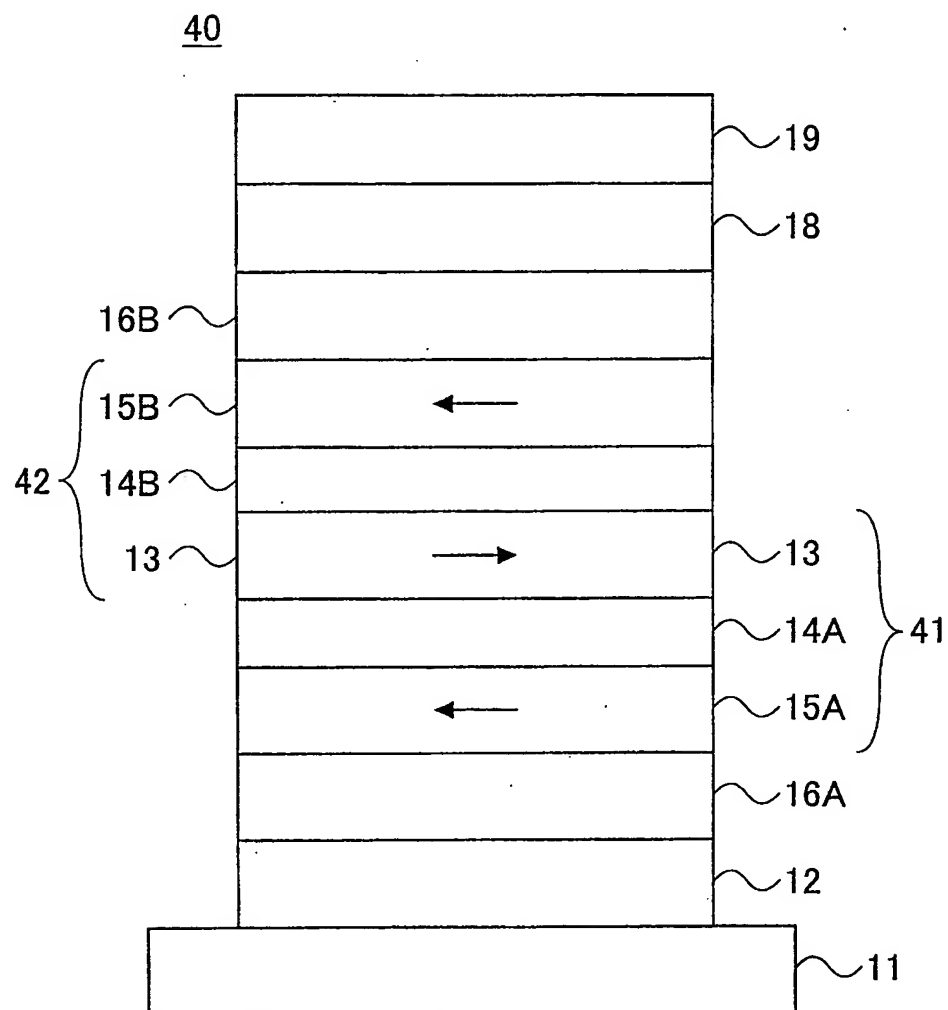
2/14

FIG.2



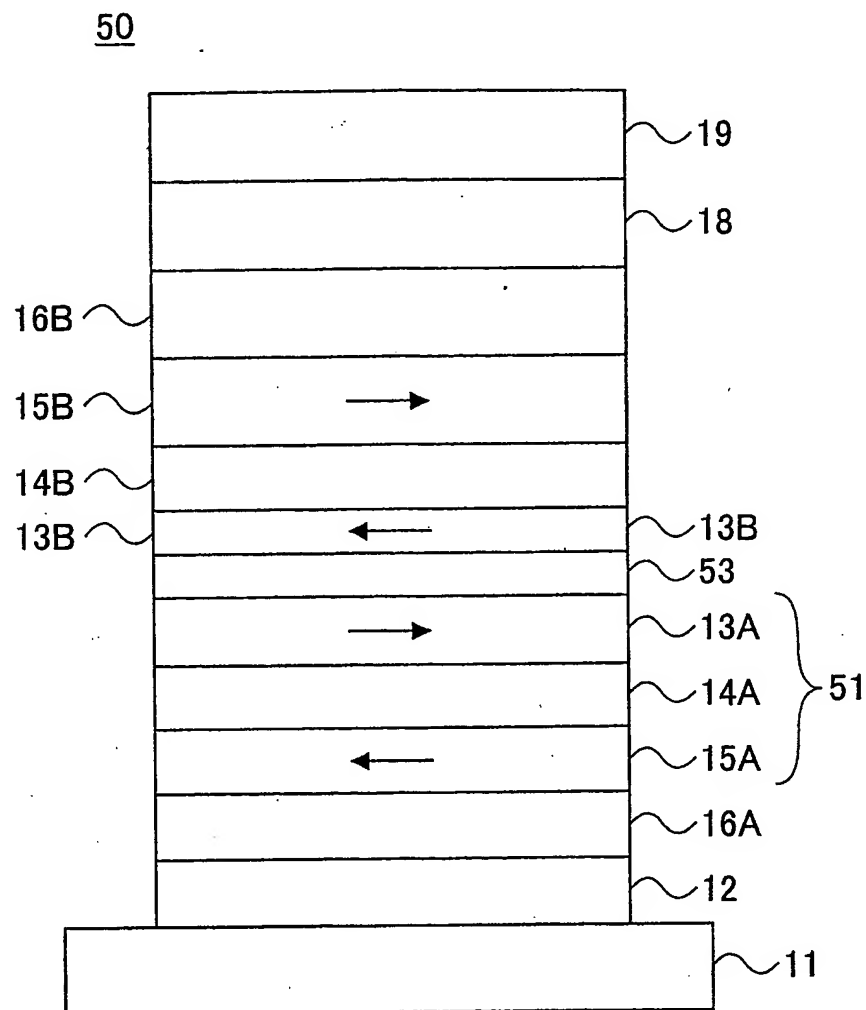
3/14

FIG.3



4/14

FIG.4



5/14

FIG.5A

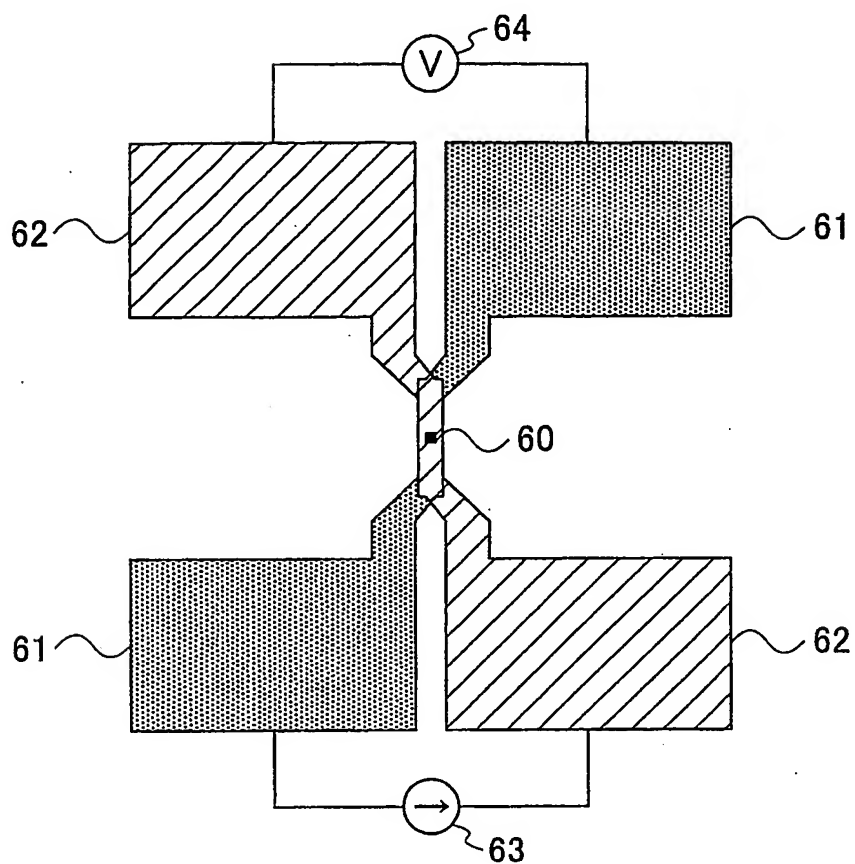
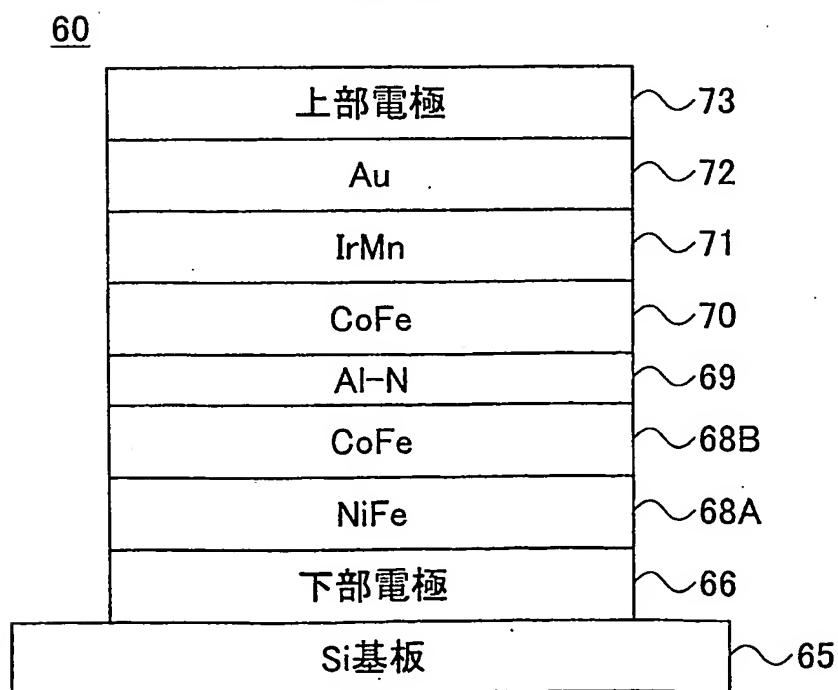
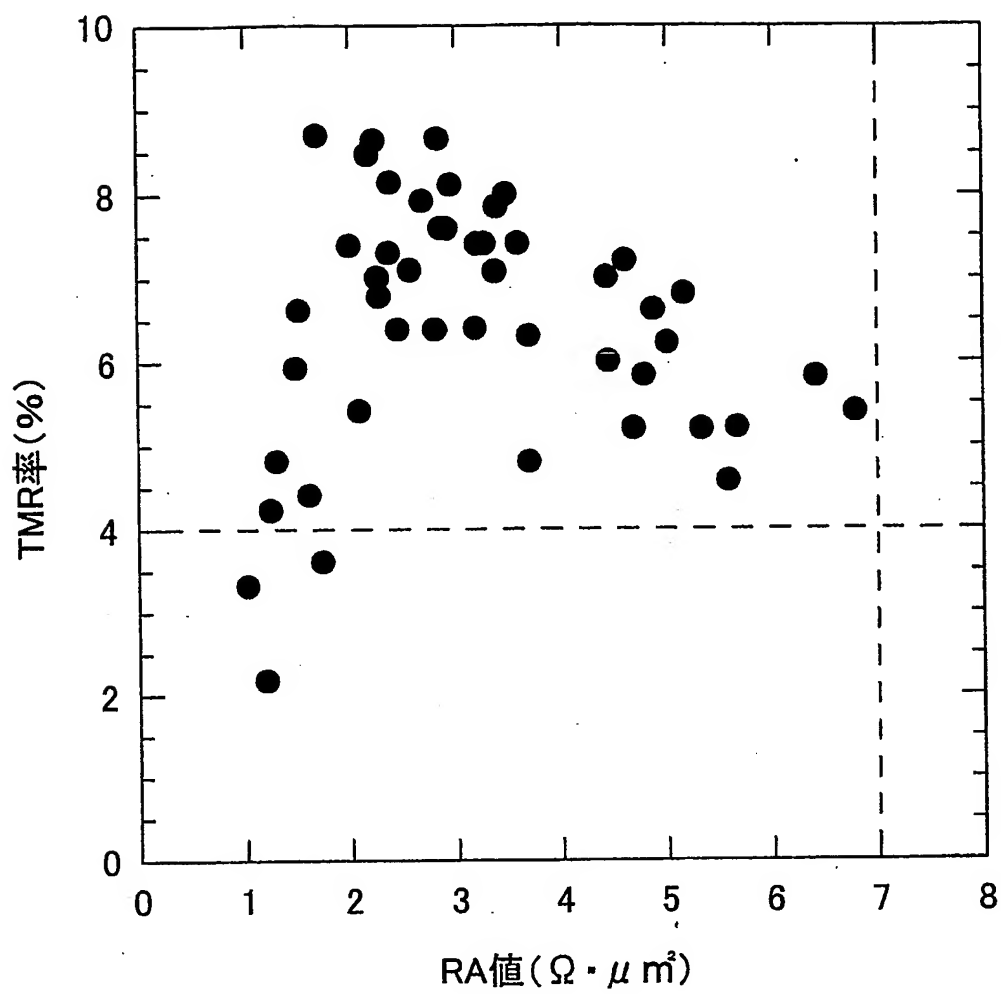


FIG.5B



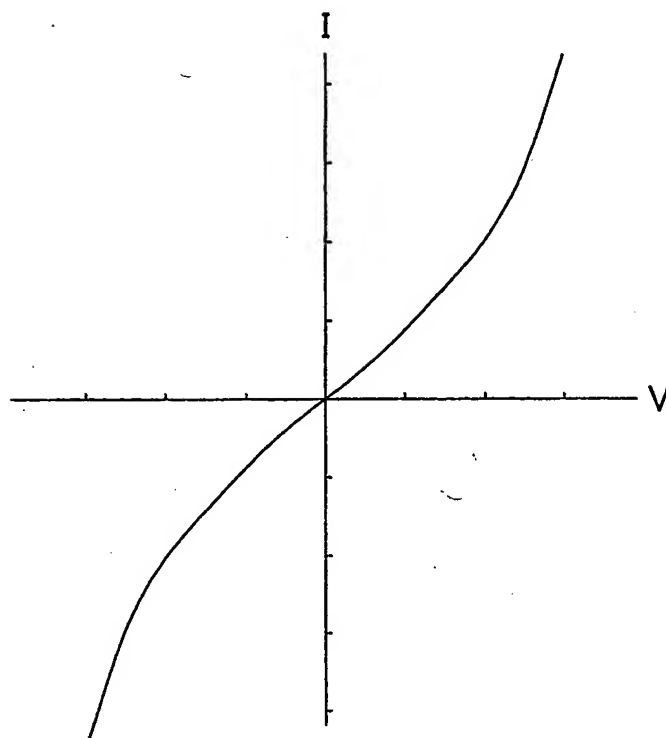
6/14

FIG.6



7/14

FIG.7



8/14

FIG.8A

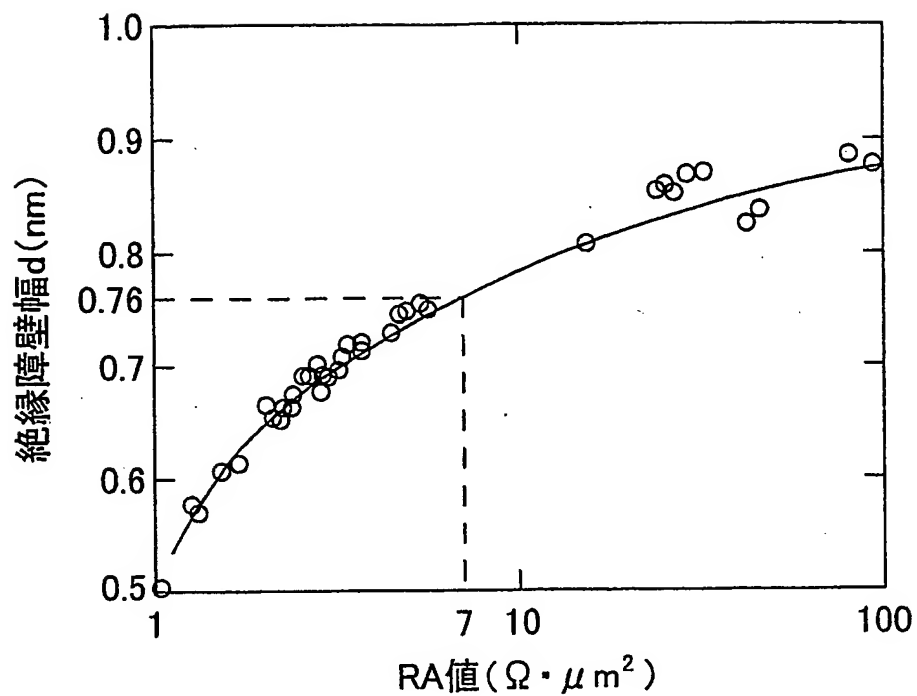
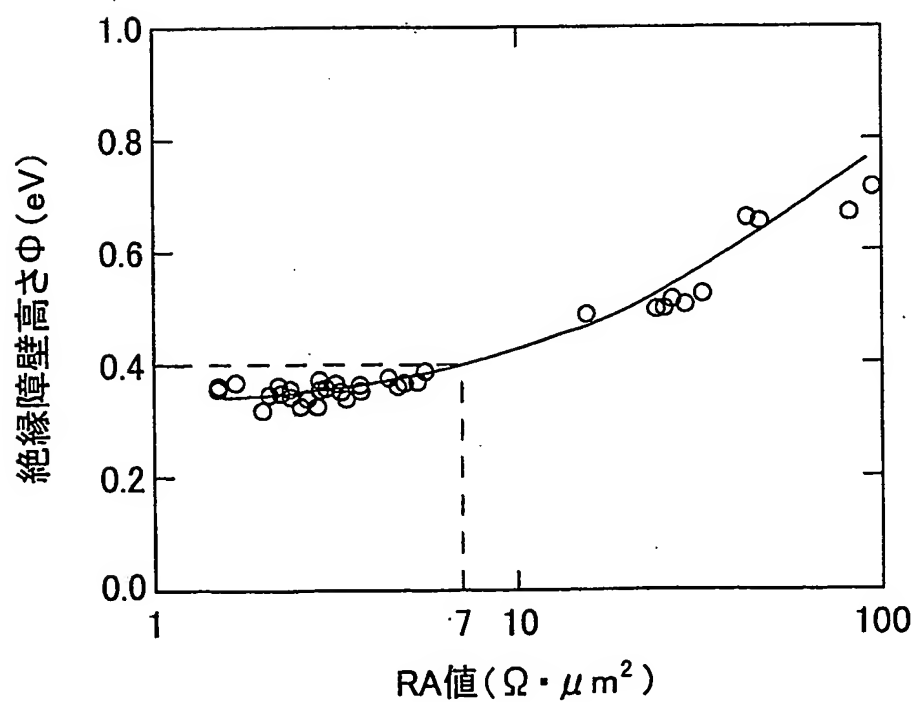


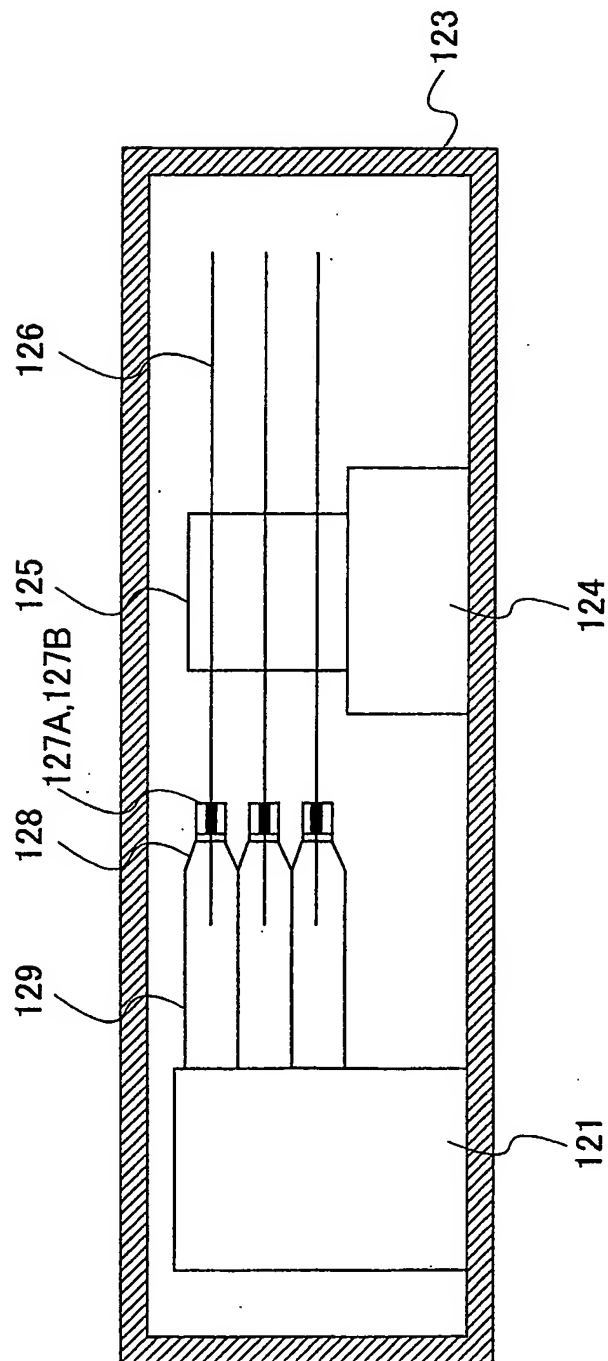
FIG.8B



9/14

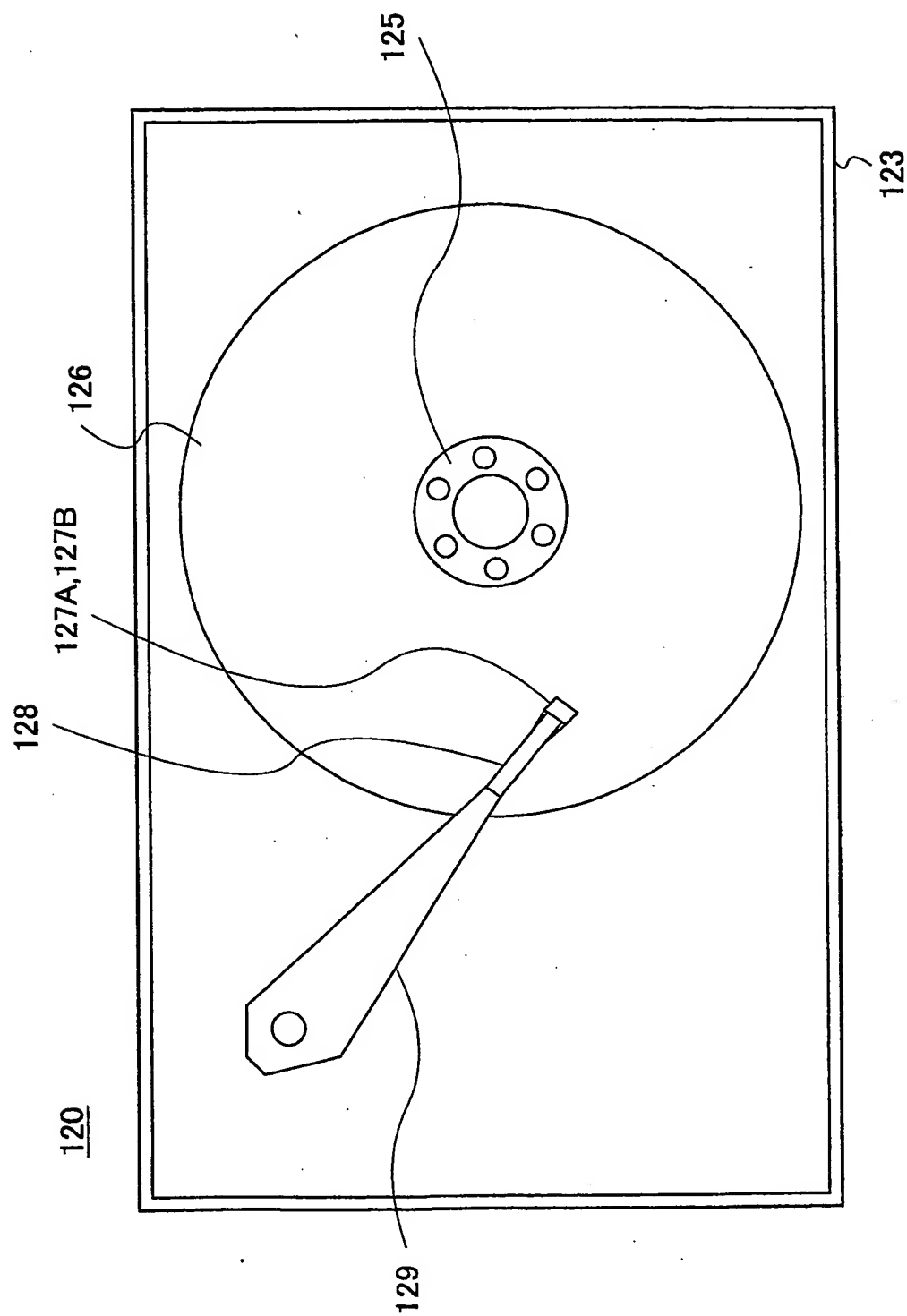
FIG.9

120



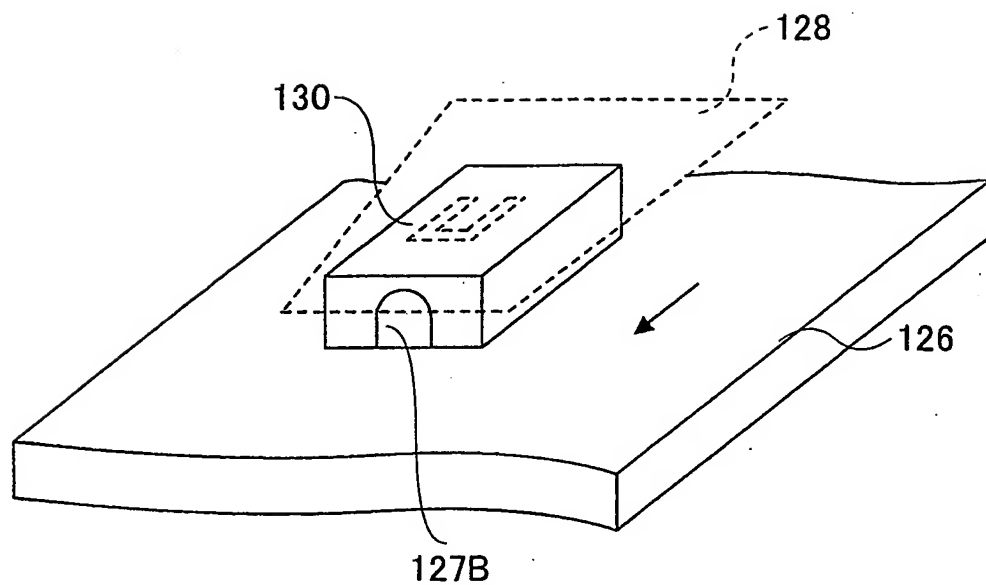
10/14

FIG.10



11/14

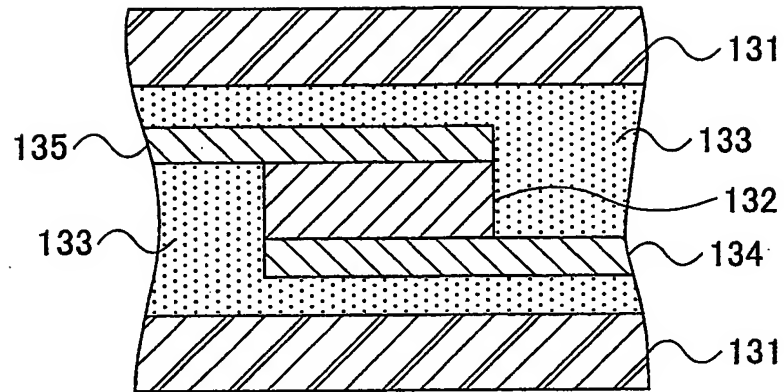
FIG.11



12/14

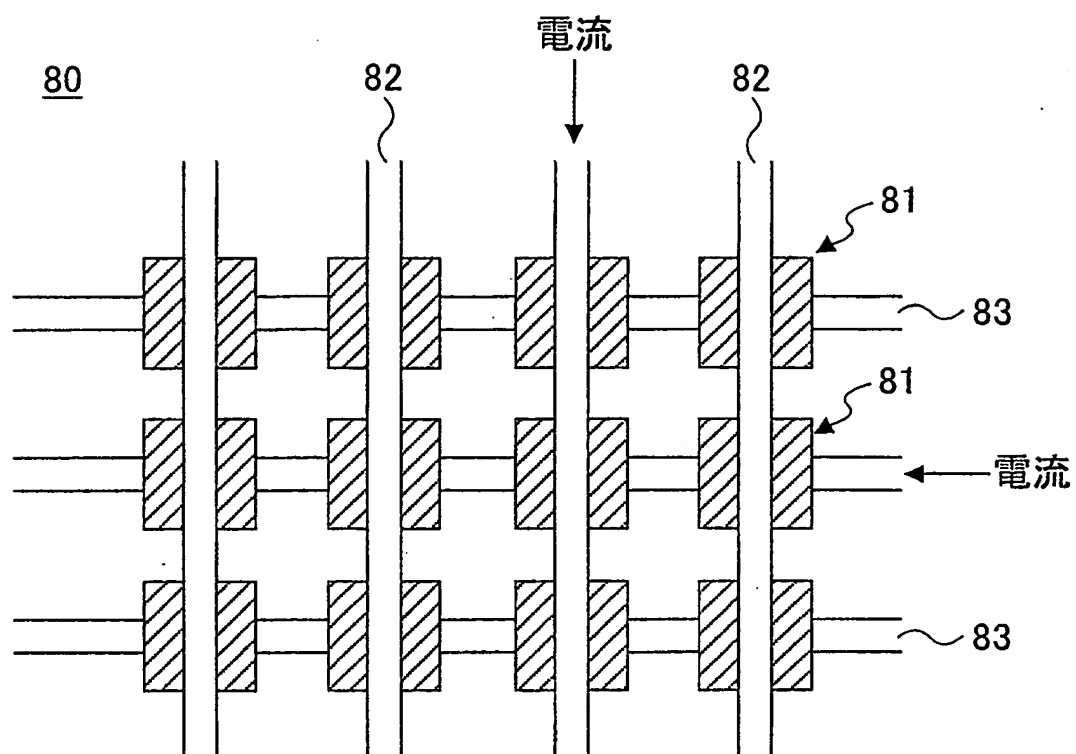
FIG.12

127B



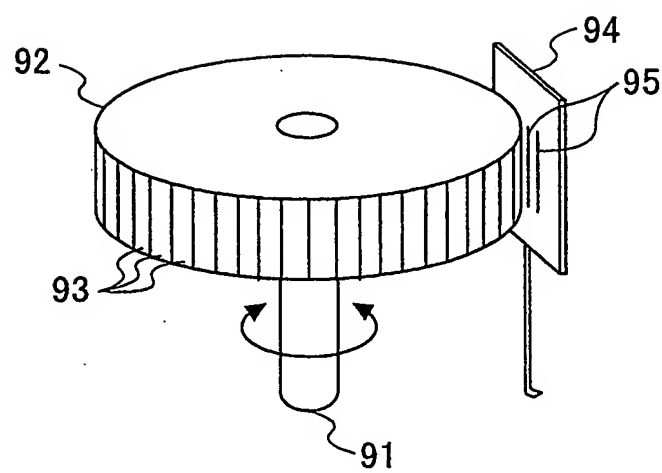
13/14

FIG.13



14/14

FIG.14

90

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/09426

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ H01L43/08, H01L43/12, G11B5/39, G01R33/09, H01F10/30,
H01F10/32, H01L27/105

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ H01L43/08, H01L43/12, G11B5/39, G01R33/09, H01F10/30,
H01F10/32, H01L27/105

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JICST FILE

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2001-236613 A (Fujitsu Ltd.), 31 August, 2001 (31.08.01), Full text (Family: none)	10, 11 1-9, 12-15
X Y	Sharma M. et al., "Spin-dependent tunneling junctions with AlN and AlON barriers", Applied Physics Letters, 02 October, 2000 (02.10.00), Vol.77, No.14, pages 2219 to 2221	10, 11 1-9, 12-15
Y	JP 2000-106462 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA), 11 April, 2000 (11.04.00), Full text (Family: none)	1-8, 13-15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not
considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing
date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is
cited to establish the publication date of another citation or other
special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other
means

"P" document published prior to the international filing date but later
than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or
priority date and not in conflict with the application but cited to
understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered novel or cannot be considered to involve an inventive
step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered to involve an inventive step when the document is
combined with one or more other such documents, such
combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10 December, 2002 (10.12.02)

Date of mailing of the international search report
24 December, 2002 (24.12.02)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/09426

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 1085586 A2 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA), 21 March, 2001 (21.03.01), Full text & JP 2001-156357 A & CN 1308317 A & KR 2001030391 A	5, 8, 9
Y	JP 2002-197634 A (Hitachi Maxell, Ltd.), 12 July, 2002 (12.07.02), Full text (Family: none)	14

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl¹ H01L43/08, H01L43/12, G11B5/39, G01R33/09, H01F10/30, H01F10/32, H01L27/105

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl¹ H01L43/08, H01L43/12, G11B5/39, G01R33/09, H01F10/30, H01F10/32, H01L27/105

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2002年
日本国実用新案登録公報	1996-2002年
日本国登録実用新案公報	1994-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)
J I C S T 科学技術文献ファイル

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 2001-236613 A(富士通株式会社)2001. 08. 31, 全文 (ファミリーなし)	10, 11 1-9, 12-15
X Y	Sharma M. et al. "Spin-dependent tunneling junctions with AlN and AlON barriers", Applied Physics Letters, 2 October 200 0, Vol. 77, No. 14, pp. 2219-2221	10, 11 1-9, 12-15
Y	JP 2000-106462 A(株式会社東芝)2000. 04. 11, 全文 (ファミリーなし)	1-8, 13-15

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10. 12. 02

国際調査報告の発送日

24.12.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

栗野 正明

4M

9353

電話番号 03-3581-1101 内線 3462

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 。	関連する 請求の範囲の番号
Y	EP 1085586 A2 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 2001. 03. 21, 全文 &JP 2001-156357 A&CN 1308317 A&KR 2001030391 A	5, 8, 9
Y	JP 2002-197634 A (日立マクセル株式会社) 2002. 07. 12, 全文 (ファミリーなし)	14